Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México,
Serie Zoología 71(2): 133-142. 2000

Anatomía sexual de *Gambusia regani* (Pisces: Poeciliidae)

ABRAHAM KOBELKOWSKY D.*
ARMANDO ALVA-GARCÍA*

Resumen. Mediante el estudio del endoesqueleto y de las estructuras blandas de ambos sexos de *Gambusia regani*, colectada en la laguna de Tampamachoco, se reconocen las principales diferencias sexuales. El factor que produce el mayor número de dichas diferencias, además de las gónadas, es el desplazamiento hacia adelante de la aleta anal del macho, que implica modificaciones de algunos arcos hemales en las gonapófisis, y de los pterigióforos de la aleta anal en el complejo gonactinostal, el desarrollo del ligastilo, además de la división de la vejiga natatoria en amplios lóbulos caudales. En segundo término es notable la diferencia en la musculatura de la aleta anal, implicada en el movimiento del gonopodio. Mientras que el sistema excretor mostró una completa independencia entre ambos lados, las gónadas se fusionan ampliamente, y crecen principalmente hacia el lado derecho de la cavidad visceral. A diferencia de muchos teleósteos, se forma un seno urogenital en la hembra. No se reconoce la superfetación.

Palabras clave: Peces, Poeciliidae, *Gambusia*, anatomía sexual, sistema urogenital, reproducción.

Abstract. By means the study of the skeleton and soft structures of *Gambusia regani*, from the Lagoon of Tampamachoco, Veracruz, main sexual differences are identifyied. Besides gonads, the feature producing most of such differences is the forward displacement of the male anal fin. This implyies modifications of some haemal arches into gonapophysis, anal fin pterygiophores into the gonactinostal complex, the development of the ligastyle, and the division of the swim bladder in two long caudal lobes. It is notable the difference in the musculature of the anal fin, that moves the gonopodium. While the urinary system shows a total independence from each sides, the gonads fuse together, and grow mainly in the rigth side of the visceral cavity. Unlike of most teleostean fishes, an urogenital sinus is presented in females. There is no superfetation.

* Laboratorio de Peces. Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Av. Michoacán y La Purísima, Colonia Vicentina, Delegación Iztapalapa, 09340 México, D.F.

Key words: Fishes, Poeciliidae, *Gambusia*, sexual anatomy, urogenital system, reproduction.

Introducción

Entre las familias de peces teleósteos que Wourms (1981) registra con desarrollo vivíparo, en México se encuentran Anablepidae, Goodeidae y Poeciliidae. En las tres familias la transferencia del esperma se realiza mediante la modificación de la aleta anal; así, los machos de los anablépidos han desarrollado un gonopodio tubular (Turner 1950); en los godeidos, dicha aleta sin mucha modificación auxilia al llamado órgano urogenital (Moshen 1961); mientras que en los pecílidos, el gonopodio está formado por el alargamiento y especialización de tres radios (Rosen & Gordon 1953).

De acuerdo con Rivas (1963), *Gambusia regani* Hubbs 1926 se distribuye en los afluentes del río Pánuco, en el sistema del río Soto La Marina y en el río Purificación; aunque Miller (1986) duda de su distribución en la costa del estado de Veracruz, Kobelkowsky (1985) la registra en las áreas someras con vegetación sumergida y entre las raíces de mangle del sistema lagunar de Tampamachoco, Veracruz.

Sobre aspectos reproductivos de peces vivíparos en México, destaca el trabajo de Díaz-Pardo & Ortiz (1986) del godeido *Girardinicthys viviparus*. El esqueleto sexual de los pecílidos lo describe ampliamente Howell-Rivero (1946). La importancia taxonómica del esqueleto sexual se aprecia en los trabajos de Minckley (1962), Rosen & Bailey (1963), Rivas (1963) y Hubbs & Peden (1969). El desarrollo del gonopodio de *Gambusia affinis affinis* está descrito por Turner (1941). Sobre la anatomía del sistema urogenital, se encuentra la relación estructural entre la vejiga urinaria y la denominada vesícula seminal de *Gambusia affinis affinis* de Collier (1936); y la descripción de la espermatogénesis en *Gambusia affinis* de Grier (1975).

El funcionamiento de las partes del gonopodio durante la cópula, es observado por Peden (1972a) en *Gambusia*, y este mismo autor (Peden 1972b) describe las diferencias de los genitalia externos de las hembras de varias especies, incluyendo *G. regani*. Sin embargo, para esta última especie no se han elaborado más estudios anatómicos.

El objetivo del presente trabajo es la descripción de las estructuras involucradas directa o indirectamente con la reproducción en *Gambusia regani* Hubbs 1926.

Material y métodos

Se colectó una muestra de 129 ejemplares de *Gambusia regani* entre las raíces del manglar, en el sistema lagunar de Tampamachoco, Veracruz, México, mediante una red de cuchara de malla fina. Este sistema lagunar se localiza en la parte norte

del estado de Veracruz, México, en los 20° 18' N y entre los 97° y 98° O. La muestra se fijó en formaldehido al 10% y se conservó en alcohol etílico al 70%.

La revisión del endoesqueleto se realizó en ejemplares transparentados con soluciones de hidróxido de potasio y glicerina, y teñidos con alizarina roja (Hollister 1934). El estudio de los órganos blandos, así como el de la musculatura de la aleta anal, se hizo mediante disecciones bajo el microscopio estereoscópico.

Las figuras se elaboraron con diapositivas tomadas al microscopio estereoscópico.

Resultados

De la muestra de 129 ejemplares, 77 eran hembras, 46 machos y seis juveniles indeterminados. La longitud total varió de 13.0 a 48.1 mm, y la longitud patrón de 10.0 a 39.7 mm. La relación de sexos fue de 1.6 hembras por 1.0 macho.

Externamente, el macho difiere de la hembra en la modificación de parte de la aleta anal en gonopodio, y en la orientación hacia arriba de los radios de las aletas pectorales (Fig. 2 a).

Aunque la organografía de la cavidad visceral es similar en ambos sexos (Fig. 1b, 2b), el tamaño de la misma es relativamente menor en el macho que en la hembra, debido al desplazamiento hacia adelante del soporte de la aleta anal.

El tracto digestivo de *Gambusia regani* es relativamente corto, y está formado por el estómago curvado sobre el hígado y por el intestino que forma un asa en el lado derecho y que continúa recto hasta el ano (Figs. 1 b, c, d y 2 b, c). La vejiga natatoria colocada en la parte posterior de la cavidad visceral, queda dividida en dos lóbulos caudales por los pterigióforos anales y su musculatura; en el macho los lóbulos son más grandes y están protegidos por los denominados procesos uncinatoideos de las primeras vértebras caudales (Figs. 2b y 3a).

Los riñones están colocados en la parte anterior del techo de la cavidad visceral, encima y a los lados del esófago (Figs. 1b y 2b), y se extienden hacia atrás sin fusionarse entre sí. De los riñones parten los conductos arquinéfricos, los cuales corren paralelamente hacia atrás y descienden adosados al ligastilo y al complejo gonactinostal. Ambos conductos se unen a la vejiga urinaria, que es de forma triangular y que comunica al seno urogenital en ambos sexos. En la hembra el seno urogenital es tubular, recibe lateralmente al oviducto y se abre al exterior más adelante, cerca del ano (Fig. 1e); en el macho es reducido, recibe por delante al conducto espermático común y se abre al exterior muy cerca del inicio de la aleta anal (Fig. 2e).

Los ovarios con embriones forman un saco, que aumenta de tamaño principalmente en el lado derecho, alcanzando la pared anterior de la cavidad visceral y desplazando al intestino y al hígado al lado izquierdo del pez (Fig. 1d). El oviducto es amplio y acintado, con la luz cerrada y conectado al seno urogenital.

De las 77 hembras colectadas, 15 contenían embriones en el ovario. El promedio del número de embriones por hembra fue de 6.06, con un intervalo de uno a 11; y

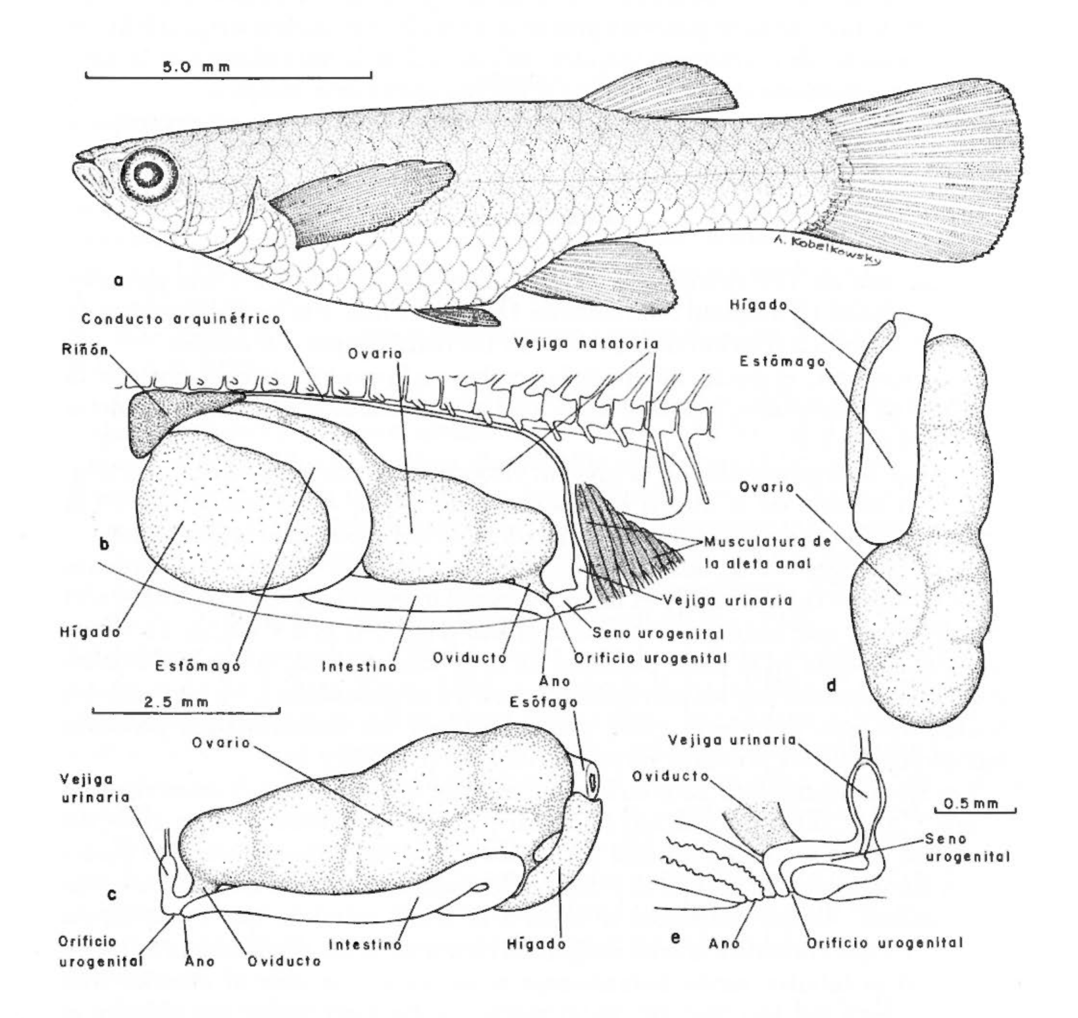


Fig. 1. Hembra de *Gambusia regani*. a, hembra grávida en vista lateral izquierda; b, organografía de la cavidad visceral y musculatura anal, en vista lateral izquierda; c, sistema digestivo y ovario, en vista lateral derecha; d, sistema digestivo y ovario, en vista dorsal; e, corte sagital del seno urogenital y el recto.

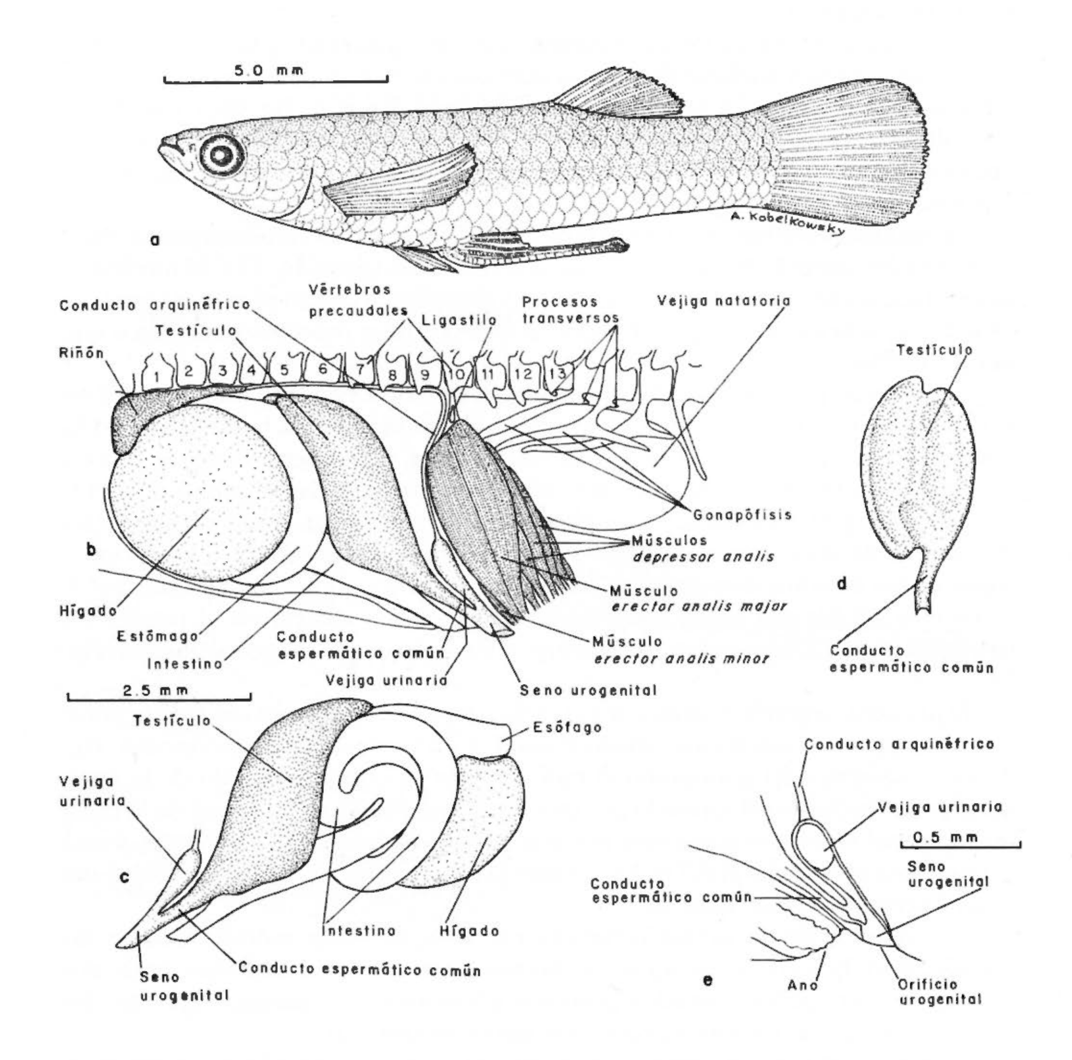


Fig. 2. Macho de *Gambusia regani*. a, macho adulto en vista lateral izquierda; b, organografía de la cavidad visceral y musculatura anal, en vista lateral izquierda; c, sistema digestivo y testículo, en vista lateral derecha; d, vista anterior del testículo; e, corte sagital del seno urogenital y el recto.

el promedio del diámetro de los embriones fue de 1.71 mm con un intervalo de 1.37 a 2.04 mm. En cada hembra todos los embriones se encontraron en el mismo estado de desarrollo.

Los testículos, colocados en posición oblícua y posterior a la masa visceral, crecen hacia arriba y adelante durante su maduración; se fusionan de manera parcial entre sí y con tendencia a aumentar más el del lado derecho (Fig. 2b, c y d). Cada testículo es recorrido en su interior por el conducto testicular, uniéndose posteriormente ambos conductos en un conducto espermático común, que se continúa con el seno urogenital.

La columna vertebral está formada en ambos sexos por 13 vértebras precaudales y 19 caudales, además del urostilo. En los machos las vértebras 14, 15 y 16 modifican su arco hemal para soportar al esqueleto de la aleta anal (Figs. 2b y 3a). Las vértebras 14 y 15 en la hembra, además de arcos hemales forman procesos transversos que llevan costillas.

Las costillas pleurales se encuentran en número de 14 en la hembra y de 13 en el macho; se articulan a la columna vertebral, desde la segunda hasta la 14a y 15a vértebras respectivamente. Las costillas epipleurales, en número de nueve a 11 en el macho y normalmente de 10 en la hembra, se articulan a las vértebras dos a 11.

Los pterigióforos dorsales o interneurales en ambos sexos suman ocho elementos, de los cuales el primero tiene una cresta anterior y otra posterior, y soportan los 8 radios dorsales. Los pterigióforos anales o interhemales suman 10 elementos en los dos sexos y soportan los 11 radios anales; en el macho los pterigióforos 2 a 5 se integran para formar el llamado complejo gonactinostal (Fig. 3a).

El primero, segundo y último de los radios dorsales y anales no son ramificados; mientras que en el macho los radios anales 3, 4 y 5 constituyen el gonopodio (Fig. 3). En el extremo del gonopodio el radio 3 lleva 16 espinas; el codo de la rama anterior del radio 4 está formado por tres segmentos; la sierra proximal de la rama posterior del radio 4 se constituye por seis espinas dirigidas hacia adelante, y está rodeada por el arco distal del radio 5; tanto la rama posterior del radio 4 como del radio 5 terminan en un gancho.

Los arcos hemales de las vértebras 14, 15 y 16 están modificados en las gonapófisis I, II, y III, las cuales se curvan notablemente hacia adelante; en las dos últimas se forman los llamados procesos uncinatoideos, mientras que las dos primeras llevan parapófisis o procesos transversos (Fig. 3a).

El primer pterigióforo anal es libre, muy corto y está curvado hacia adelante, mientras que los pterigióforos 2, 3 y 4 están fusionados en el complejo gonactinostal, aunque el 2 mantiene libre su extremo superior (Fig. 3a). El complejo gonactinostal es largo y tiene su extremo superior en forma de embudo, que a su vez lleva una escotadura posterior. Los restantes pterigióforos son de aspecto normal, delgados y gradualmente disminuyen su longitud hacia atrás. El pterigióforo 5 se ubica en el surco posterior del complejo, quedando su extremo superior en la escotadura posterior.

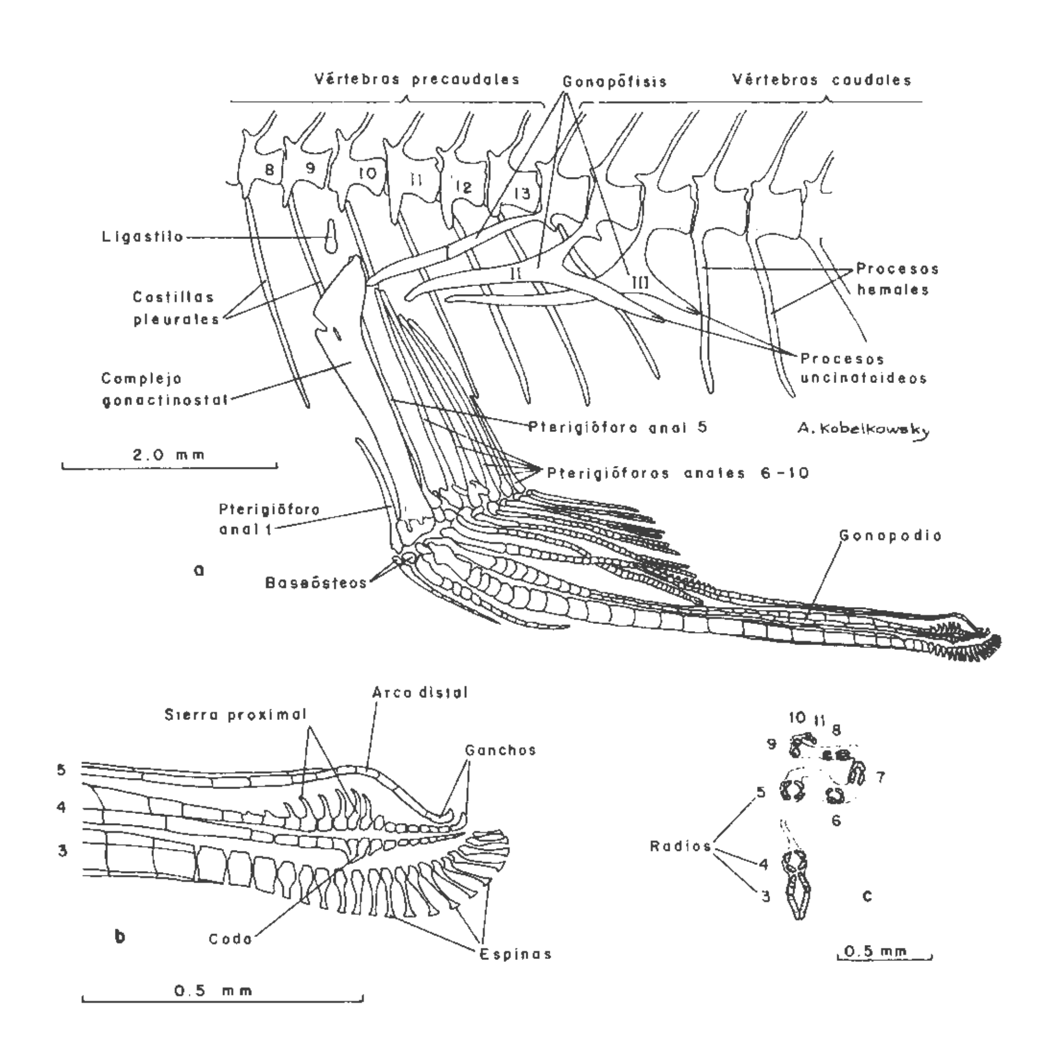


Fig. 3. Esqueleto sexual del macho de *Gambusia regani*. a, vista lateral del suspensor gonopodial y el esqueleto de la aleta anal; b, extremo distal del gonopodio; c, corte transversal de la aleta anal.

Representando una conexión del soporte esquelético de la aleta anal con la columna vertebral, se encuentra un ligamento llamado ligastilo, que se origina en la vértebra 10 y se inserta en el borde superior del complejo gonactinostal. Dicho ligamento tiene forma de "Y", permitiendo el paso de la aorta dorsal y la vena caudal, y muestra embebida, una pequeña osificación piriforme. A su vez los extremos de las gonapófisis se conectan entre sí mediante ligamentos.

La musculatura de la aleta anal del macho es especializada (Fig. 2b), con un gran desarrollo de los músculos del complejo gonactinostal, que se insertan en el gonopodio; los músculos de los restantes pterigióforos anales son de menor tamaño. El músculo más voluminoso es el *erector analis major*, formado por dos paquetes musculares que se originan en el complejo y se insertan en los radios 2 y 3. El músculo *erector analis minor* se origina en el primer pterigióforo y se inserta en el extremo de los radios anales 1 y 2. Los pterigióforos 5 al 10 tienen como músculos más notables los *depressores analis*.

Discusión

Además del desarrollo del gonopodio en el macho de *Gambusia regani*, el cual es característico de la familia Poeciliidae, esta especie muestra como diferencia sexual externa la orientación hacia arriba de los radios superiores de las aletas pectorales.

El mayor número de diferencias sexuales secundarias internas en *Gambusia regani*, lo produce el desplazamiento de la aleta anal y su soporte esquelético, lo que es conocido como un patrón general en la familia Poeciliidae.

La principal diferencia sexual del esqueleto es la modificación de tres pterigióforos anales o interhemales en el complejo gonactinostal y la formación de especializaciones de los arcos hemales de las primeras vértebras caudales en las gonapófisis, situación ampliamente descrita en la literatura sobre Poeciliidae, en particular la de *Gambusia punctata* y *G. puncticulata* por Howell-Rivero (1946).

Se reconoce como principal diferencia del complejo gonactinostal de *G. Regani*, con relación a *G. punctata* y *G. puncticulata*, el carácter libre del extremo superior del pterigióforo 2.

En segundo término es notable como diferencia sexual el gran desarrollo de la musculatura del complejo gonactinostal, que permite el movimiento del gonopodio en sentido anteroposterior, y cuyo mecanismo describen Peden (1972a) en el género *Gambusia* y Rosen y Gordon (1953) en *Xiphophorus*.

Con relación a los órganos blandos, además de las gónadas, la principal diferencia sexual es la mayor división en el macho de la vejiga natatoria en dos lóbulos caudales, como lo describe Howell-Rivero (1946) en el género *Gambusia*. Dicha división es consecuencia del adelantamiento del soporte esquelético de la aleta anal del macho.

El sistema excretor mostró en ambos sexos una mayor independencia entre los dos lados que en la mayoría de los teleósteos, no fusionándose ambos riñones, ni

los conductos arquinéfricos. Dicha situación corresponde al tipo V en la clasificación de Ogawa (1961) para los riñones de los teleósteos de acuerdo con su grado de fusión. Se reconoce que los conductos arquinéfricos del macho son más cortos, por estar adelantado el soporte de la aleta anal, como se observa en otros pecílidos.

Tanto los ovarios como los testículos son asimétricos por su mayor crecimiento hacia el lado derecho, desplazando al tracto digestivo y al hígado hacia la parte izquierda de la cavidad visceral; situación que se observa en otros pecílidos, pero que no es frecuente entre los teleósteos.

La amplia fusión de ambos ovarios es bien conocida en la literatura de la familia Poeciliidae; sin embargo, este es el primer registro de la fusión de ambos testículos durante su maduración.

Aunque no es común entre los teleósteos, se observa en *Gambusia regani* la conexión del oviducto y del conducto urinario común en un seno urogenital, cuya forma es similar a la descrita por Peden (1972b) para *Gambusia heterochir*. Probablemente es la misma situación en todo el género *Gambusia*.

Debido a que en *G. regani* aparentemente no hay estructuras foliculares especializadas, ni similares a una pseudoplacenta y a que los embriones tienen una cantidad considerable de vitelo, se interpreta que no existe dependencia nutricional de parte de la madre. Asimismo, no se observan indicios de superfetación, es decir de la presencia de varias generaciones de embriones, como en *Gambusia affinis* (obs. pers.), por tanto existe un estado de sincronismo total.

Agradecimientos. El presente trabajo se realizó con el apoyo del Conacyt, convenio D0254-N9201 y de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

Literatura citada

Collier, A., 1936. The mechanism of internal fertilization in *Gambusia*. *Copeia*, (1):45-53.

Díaz-Pardo, E & D. Ortiz. 1986. Reproducción y ontogenia de *Girardinichthys viviparus* (Pisces: Goodeidae). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México 30*:45-66.

Grier, H.J., 1975. Spermatogenesis in the teleost *Gambusia affinis* with particular reference to the role played by microtubules. *Cell Tissues Research, 165*:89-102.

Hollister, G., 1934. Clearing and dyeing fish for bone study. *Zoologica 12*(10):89-101.

Howell-Rivero, L., 1946. El esqueleto sexual de los peces de la familia Poeciliidae. *Memorias de la Sociedad Cubana Felipe Poey 18*(2):133-152.

Hubbs, C. & A.E. Peden, 1969. *Gambusia georgei* sp. nov. from San Marcos, Texas. *Copeia* 1969 (2):357-364.

Kobelkowsky, D.A., 1985. Los peces de la laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. *Biotica 10*(2):145-156.

Miller, R.R., 1986. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México 30*:121-153.

Minckley, W.L., 1962. Two new species of fishes of the genus *Gambusia* (Poeciliidae) from northeastern Mexico. *Copeia* 1962 (2):391-396.

MOSHEN, T., 1961. Sur le dimorphisme sexual et la presence d'un organe copulateur tres evolue chez cyprinodonte Goodeidae *Skiffia lermae* Meek. *Annals of the Faculty of Sciences University of Dakota 6*:163-180.

OGAWA, M., 1961. Comparative study of the external shape of the teleostean kidney with relation to phylogeny. *Science Reptorts of the Tokyo Kyoiku Daigaku section* B 10:61-68.

PEDEN, A.E., 1972a. The function of gonopodial parts and behavioral pattern during copulation by *Gambusia* (Poeciliidae). *Canadian Journal of Zoology 50*:955-968.

PEDEN, A.E., 1972b. Differences in the external genitalia of female gambusine fishes. *Southwest Naturalist 17*(3):265-272.

RIVAS, L.R., 1963. Subgenera and species groups in the Poeciliid fish Genus *Gambusia* Poey. *Copeia 1963* (2):331-347.

ROSEN, D.E. & R.M. BAILEY, 1963. The poeciliid fishes (Cyprinodontiformes), their structure, zoogeography and systematics. *Bulletin of the American Museum og History, 126*:1-176.

ROSEN, D.E. y M. GORDON, 1953. Functional anatomy and evolution of male genitalia in Poeciliid fishes. *Zoologica 83*:1-47.

TURNER, C.L., 1941. Morphogenesis of the gonopodium in *Gambusia affinis affinis*. *Journal of Morphology 69*:161-185.

TURNER, C.L., 1950. The skeletal structure of the gonopodium and gonopodial suspensorium of *Anableps anableps*. *Journal of Morphology 86*:329-365.

Wourms, J.P., 1981. Viviparity: The maternal-fetal relationship in fishes. The *American Zoologist 21*:473-515.

Recibido: 27.X.1999.
Aceptado: 31.VIII.2000